

Új eredmények a pilisvörösvári Garancs-hegy bentonitkutatásában

KOVÁCS-PÁLFFY Péter², KÓNYA Péter¹, FÖLDVÁRI Mária¹, FÜRI Judit¹, UDVARDI Beatrix¹, KOVÁCS István¹

¹Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, H–1143 Budapest, Stefánia út 14.,
e-mail: konya.peter@mfgi.hu, foldvari56@t-online.hu, furi.judit@mfgi.hu, udvardi.beatrix@mfgi.hu, kovacs.istvan.janos@mfgi.hu
²H–2518 Leányvár, Bécsi út 62., e-mail: kovacs.palffy.peter@gmail.com

New results on the bentonite exploration in Garancs Hill, Pilisvörösvár (Hungary)

Abstract

The study area is located at the SE slope of the Garancs Hill (289 m), NE from Pilisvörösvár, near the Pilisvörösvár–Csobánka road. The Fót Formation (Carpathian) occurs in the western part of the study area. The intercalated tuff layers are probably of Badenian age in the eastern part of the hill. The bentonite strata have thickness of 8–11 m. They were derived from the hydrodiagenetic alteration of dacitic tuffs according to the stratigraphical and mineralogical compositions, and total silica vs. alkali content.

The smectite content of the bentonite samples ranges between 47–49 wt%. The other mineralogical components of the samples are micas (illite/muscovite 9–14 wt%), quartz (20–28 wt%) and feldspars (7–15 wt%). These bentonites are characterized by subordinated kaolinite, cristobalite, goethite and amorphous phase.

In this region the bentonite was mined for a short time before 1954.

The predominant exchangeable cation is Ca²⁺: Na⁺ (0.0295–0.0330), K⁺ (0.0185–0.0239), Ca²⁺ (0.2367–0.2518), Mg²⁺ (0.0986–0.1365) (cmol/kg).

The swelling capacity ranges from 2.0 to 2.5 (natural) and from 5.0 to 15.0 (activated, 5% Na₂CO₃, ml/2g).

Keywords: Hungary, Garancs Hill, bentonite, mineralogy, geochemistry, granulometry, cation exchange capacity

Összefoglalás

A vizsgált terület a Garancs-hegy (289 m), amely Pilisvörösvártól északkeletre található kb. 1 km-re a Pilisvörösvárt Csobánkával összekötő út mentén. A bentonitot feltáró vízmosások a hegy DK-i oldalában találhatók. A kutatási terület nyugati részén a Fóti Formáció (kárpáti) jelenik meg. A hegy K-i részén található bentonitosodott tufa kora feltehetően badeni. A bentonitok a tufa hydrodiagenetikus átalakulása révén képződtek. Ezek vastagsága 8–11 m közé tehető.

A bentonit szmektitet tartalmaz (47–49%), nagyobb mennyiségben csillámok (illit/muszkovit – 9–14%), kvarc (20–28%) és földpátok (7–15%) jelennek meg. A kaolinit, cristobalit, goethit és amorf fázis mennyisége alárendelt. Ezt a bentonitot 1954 előtt rövid ideig bányászták. Kationcsere-képessége Ca²⁺-jellegű: Na⁺ (0,0295–0,0330), K⁺ (0,0185–0,0239), Ca²⁺ (0,2367–0,2518), Mg²⁺ (0,0986–0,1365) (cmol/kg).

Duzzadókéességük 2,0–2,5 (természetes állapotban) és 5,0–15,0 (aktivált állapotban, 5% Na₂CO₃) (ml/2g).

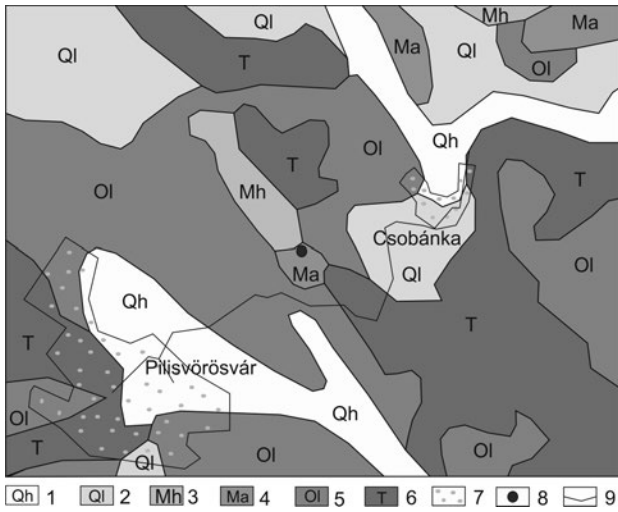
Kulcsszavak: Magyarország, Garancs-hegy, bentonit, ásványtan, geokémia, szemcseméret-eloszlás, kationcsere-kapacitás

Bevezetés, kutatástörténet

A Garancs-hegy (289 m) Pilisvörösvártól északkeletre található kb. 1 km-re a Pilisvörösvárt Csobánkával összekötő út mentén. A bentonitot feltáró vízmosások a hegy DK-i oldalán találhatók, a Határréti-ároktól ÉÉK-re, Garancs-pusztától kb. 300 m-re (*1. ábra*).

A Garancs-hegyi fullerföld/bentonitlelőhelyet először SZALAI Tibor említi 1949-es jelentésében, melyről további

adatokkal nem rendelkezett (SZALAI 1949), majd FRITS (1949, 1951), REICH (1951) is felvetette, mint potenciális lelőhelyet. Részletesebb információkat HORUSITZKY Ferenc jelentése szolgáltatott. Ebből kiderül, hogy a Garancs-pusztától ÉK felé haladó mély árok nagy vastagságú bentonitosodott tufát tárt fel. Az ároktól K-re található domboldalon kutatóknak mélyítettett, melyben 8 m vastag, zöld bentonitos tufát találtak. A produktív területet 5000 m²-re becsülve a bentonit mennyiségét 80 000 t-ra számította (HORUSITZKY 1950).



1. ábra. A Garancs-hegy és környékének földtani térképe (GYALOG 2013 alapján)

1 – Pleisztocén homok, 2 – Pleisztocén lösz, 3 – alsó-miocén homok, kavics, 4 – Középső-miocén andezit, 5 – Oligocén képződmények, 6 – Triász képződmények, 7 – Település, 8 – Mintavételi hely, 9 – Útvonal

Figure 1. Geological map of the Garancs Hill and the surrounding area (based on GYALOG 2013)

1 – Pleistocene sand, 2 – Pleistocene loess, Lower Miocene sand, gravel, 4 – Middle Miocene andesite, 5 – Oligocene formations, 6 – Triassic formations, 7 – Village, 8 – Sampling site, 9 – Route

VARJÚ Gyula 1953-as jelentésében a pilisvörösvári bentonitot „egyéb ismert bentonit előfordulások”-ként említi a művelés alatt álló bentonittelepek mellett (VARJÚ 1953).

A hegy földtani felépítését és a bentonit ásványtani elemzési eredményeit VARJÚ Gyula (1954, 1955) összefoglaló jelentései tartalmazzák. A vizsgálatokból kiderült, hogy a tufa kb. 11 m vastag, kora feltehetően oligocén (kiscelli emelet). Ezt a nyersanyagot 1954 előtt 15–20 évig magánvállalkozó bányászták, de felhasználási terület ismeretlen. A bentonit a korabeli röntgendiffrakciós vizsgálat szerint nem szmektitet, hanem kaolinitet tartalmaz nagy mennyiségben.

ZELENKA (1960) a garancsi szelvényben a kárpáti faunás mészkő és szürke homok alatt gránátos biotitdácittufát említi.

VARJÚ (1964–1966) a magyarországi bentonitok kataszterében említi a pilisvörösvári, 1952-ben megkutató bentonitot. Szerinte a bentonitosodás kismértékű és erősen változó. A minőségi követelményeket nem elégti ki, ipari értékű előfordulása nem valószínű.

KADÁR (1982) összefoglaló jelentése szerint az innen származó mintán (valószínűleg ugyanazon a mintán, amelyről röntgendiffrakciós vizsgálat is készült) végzett vizsgálatok a következő eredményt nyújtották: 5% szódázással, kötőképessége rossz, sem nyersen, sem szódázva nem duzzad, gélszám 2,5%, derítőképesség szójaolajra 26,7 %, Standard Tonsil AC-re 70,8%, viszkozitása 1 cP (6% szódával), szitamaradék (DIN-60) 13,5 %, nyomószilárdság 326 g/cm², nyírószilárdság 100 g/cm².

SOLTI (1983) szerint a Pilisben, a Csobánka község felé vezető út mellett a Garancs-hegy DK-i részén ismert egy 11 m vastagságú bentonitréteg, amely oligocén tufa mállásából képződött. Főleg kaolinitből áll, montmorillonittartalma viszonylag kevés. Gyakorlati jelentősége nincs.



2. ábra. A Garancs-hegyi bentonitosodott tufa feltárások, a) Garancs-3, b) Garancs-4 (Fotó: KOVÁCS-PÁLFFY Péter)

Figure 2. The bentonitized tuff outcrops in the Garancs Hill, a) Garancs-3, b) Garancs-4 (Photo: KOVÁCS-PÁLFFY Péter)

2013–2014-ben jelen munka szerzői vizsgálták újra a hegy DK-i lejtőjének 2–4 m mély vízmosásait, amelyekben a fentiekben leírt bentonitosodott tufa szelvényének felső része jelenik meg (kb. 3 m vastagságban) (2. ábra).

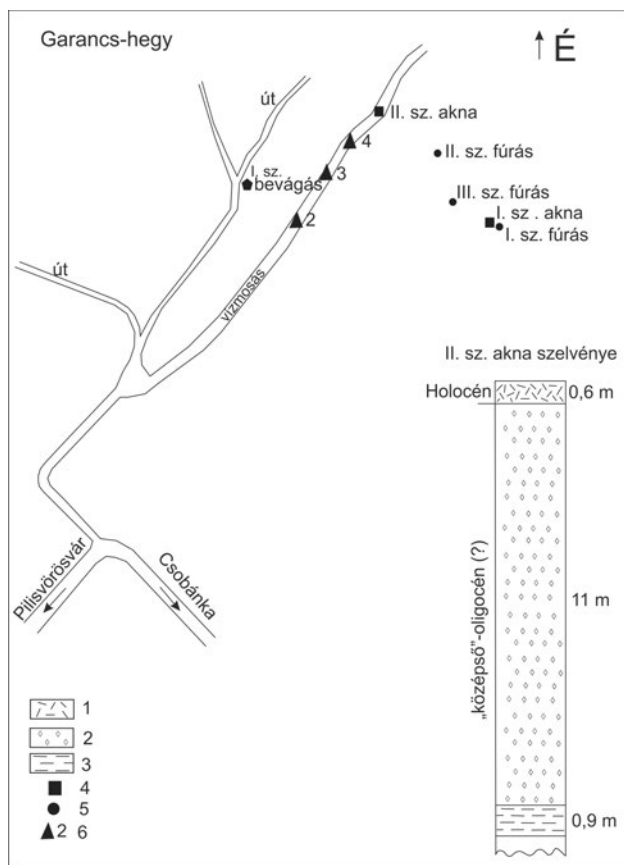
A Garancs-hegyi bentonit földtani kutatása

A bentonitosodott tufarétegeket feltáró vízmosások a Garancs-hegy DK-i részén található (1. ábra). A kutatási terület északi részén triász (nori) Fődolomit, alsó-oligocén Hárshegyi Homokkő, nyugati részén kárpáti bryozoás mészkövek, alatta oligocén képződmények találhatóak. Kelet és dél felől lösz borítja. A hegy K-i részén DDNy-i felé haladó árok

tárja fel a tufát, melynek különben természetes feltárása nincs. A terület erősen tektonizált, nagy része suvadt, emiatt néhány rétegtag kivastagodik (VARJÚ 1954, 1955). A SCHAFARZIK és munkatársai (1964) által készített földtani térképen a képződmények megegyeznek a VARJÚ (1954, 1955) által leírtakkal, azzal a különbséggel, hogy az oligocén képződményektől délre badeni korú andezittufa található.

VARJÚ (1954) szerint a bentonitosodott tufa „középső” oligocén (rupéli) agyagok között található kb. 180 m tszf. magasságban. VADÁSZ Elemér hazánk földtanáról írt könyvében több helyen tesz említést a „középső” oligocén agyagos képződmények közé települő, változó vastagságú andezittufáról (VADÁSZ 1960). SCHAFARZIK és munkatársai (1964) szerint a tufa a Dunazug-hegységben már az oligocénban meginduló vulkáni tevékenységre utal.

Az 1950-es évek elején két kutatóaknát és három kézi fúrást mélyítettek le (VARJÚ 1955) (3. ábra). Az I. sz. akna 6,2 m-ig agyagot tárt fel, melyet két helyen szakítanak meg homokkőrétegek (3,0–3,2 m, ill. 5,0–5,15 m). Az aknában mélyült I. sz. fúrás 6,2–11,4 m között szintén agyagot tárt fel. A II. sz. kézi fúrásban (talp 8,0 m) az agyagban szintén két homokkőréteg (6,4–6,5, ill. 7,5–8,0 m) betelepülés figyelhető meg, míg a III. sz. fúrás (talp 9,7 m) elsősorban homokkőben mélyült, 3 méter vastag agyagbetelepüléssel.



3. ábra. A Garancs-hegy kutatási térképe és a II. sz. akna szelvénye (VARJÚ 1955)

1—talaj, 2—bentonitos tufa, 3—agyag, 4—kutatóakna, 5—kézi fúrás, 6—mintavételi helyek

Figure 3. Exploration map of the Garancs Hill and the geological section of pit No II (VARJÚ 1955)

1—soil, 2—bentonitic tuff, 3—clay, 4—pit, 5—hand drilling, 6—sampling sites

A II. sz. aknában a tufa 11 m vastagságban tárul fel. Felülről Kiscelli Agyag, a fedő részben fiatal üledék, részben felső-oligocén homokkő. Néhol a tufa a felszínen is megjelenik. A megjelenés alapján a tufa kezdeti elbomlást mutat. Tulajdonképpen csak a földpátok bomlottak el, a biotit általában, üde és nagyméretű, több helyen piros gránátszemcsék, valamint kvarc figyelhető meg (VARJÚ 1954, 1955).

A Garancs-hegyi bentonit első ásványtani vizsgálatára az 1950-es évek elején került sor. A Bányászati Kutató Intézet megbízásából NEMECZ Ernő készített röntgenfelvételt 1952-ben. Az általa megvizsgált minta pontos mintavételi helye nem ismert. A jelentés azonban nem tartalmazza a röntgenfelvételt, csupán a vonalak d -értékeit Å-ben. A felvételen megjelenő vonalak alapján a minta uralkodóan kaolinitet tartalmaz, mellette kis mennyiségben kvarc és montmorillonit jelenik meg. A diagramon megfigyelhető csúcsok elmosódtak, mely NEMECZ szerint négy okra vezethető vissza (VARJÚ 1954):

- Minta vastartalma.
- Esetleges amorf fázis jelenléte.
- Kaolinit rossz kristályosodottsága.
- Montmorillonittartalom.

A későbbi földtani térképezések pontosították VARJÚ földtani leírását. A kutatási terület nyugati részén bryozoás kalkarenit, meszes homokkő jelenik meg, mely a Főti Formáció része (kárpáti). A hegy K-i részén az oligocén képződményektől délre megjelenő badeni korú andezittufát a Dobogókői Andezit Formációba sorolták (GYALOG 2005, GYALOG & SÍKHEGYI 2005).

Vizsgáló módszerek

A vékonycsiszolatos vizsgálatokat Nikon Eclipse E600 POL mikroszkópon végeztük keresztezett nikolok között.

A röntgen-pordiffrakciós vizsgálatokat (RTG) számítógépes vezérlésű és kiértékelésű Philips PW 1730 diffraktométerrel végeztük (MFGI) a következő felvételi körülmények között: Cu antikatód, 40 kV és 30 mA csőáram, grafit monokromátor, goniométerssebesség $2^\circ/\text{perc}$, mérési tartomány: $2-66^\circ 2\theta$.

Az ásványos összetételt az egyes ásványokra jellemző reflexiók relatív intenzitása és az ún. kísérleti korund-faktorok alapján számítottuk (KLUG & ALEXANDER 1954). A félmennyiségi összetételt az XDB Power Diffraction Phase Analytical System 2.7 szoftverrel értékeltük ki.

A >2 mikrométer szemcseméretű frakcióról készült preparátumokat kezeletlen, etilén-glikollal telített ($45^\circ\text{C}/12\text{ h}$), majd hevített ($490^\circ\text{C}/4\text{ h}$) állapotban vizsgáltuk meg, azonos műszeres paraméterek mellett.

A termoanalitikai vizsgálatok (TA) számítógépes vezérlésű és kiértékelésű Derivatograph-PC szimultán TG, DTG, DTA készülékkel (MFGI), korund tégelyben, 1000°C -ig $10^\circ\text{C}/\text{perc}$ felfűtési sebességgel és Al_2O_3 inert anyaggal készültek.

Az infravörös spektroszkópiai vizsgálatok (ATR FTIR) során gyengített totálreflexiós infravörös spektrometriai módszert (egyreflexiós Bruker Platinum ATR feltétellel felszerelt

Bruker Vertex 70 infravörös spektrométer) használtunk. A mintákat a mérés előtt 80 °C-on legalább 30 percen keresztül szárítottuk. Az ásványokhoz rendelhető sávok és a karakterisztikus infravörös sávterületek meghatározásához az OPUS 7.2 infravörös spektrumkiértékelő szoftvert használtuk. A sávok azonosítását CARLSON (2004) nyomán végeztük el.

A teljes kémiai elemzések a MFGI Kémiai laboratóriumában LiBO₂ feltárással, induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometriás (ICP-OES) módszerrel készültek, JY 70 szimultán-szekvenciális ICP emissziós spektrométer segítségével.

A szemcsenagyság-eloszlás (MFGI) meghatározására a 0,063–0,002 mm szemcsetartományban a Köhn-féle módszert, a 0,063 mm fölötti szemcsék elkülönítésére szitasort alkalmaztunk. A vizsgálat során 10 g mintát mértünk be, melyre desztillált vizet öntöttünk. A fellazult mintát ultrahanggal diszpergáltuk, majd 0,063 mm-es szitán Köhn-hengerekbe mostuk át. A szitán maradt részt szárítás után a következő szitasoron szitáltuk át: 0,063; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0 mm.

A duzzadó- és kationcserélő-képesség-vizsgálatokat az MTA Kémiai Kutatóközpont laboratóriumaiban végezték. A duzzadóképeséget 2 g porított anyaggal határozták meg 100 ml-es edényekben, eredeti állapotban és 5% Na₂CO₃ nedvesen hozzákevert mintán, 20 óra nyugalmi idő elteltével. A kationcserélő-képesség meghatározása a cserélhető kationok Ba²⁺-ionokra cserélése bárium-klorid/trietanol-aminósav oldattal. A centrifugálással elkülönített extraktum Na⁺-, K⁺-, Ca²⁺- és Mg²⁺-tartalmát atomabszorpciós spektroszkópiával (AAS) módszerrel határozták meg (cmol/kg).

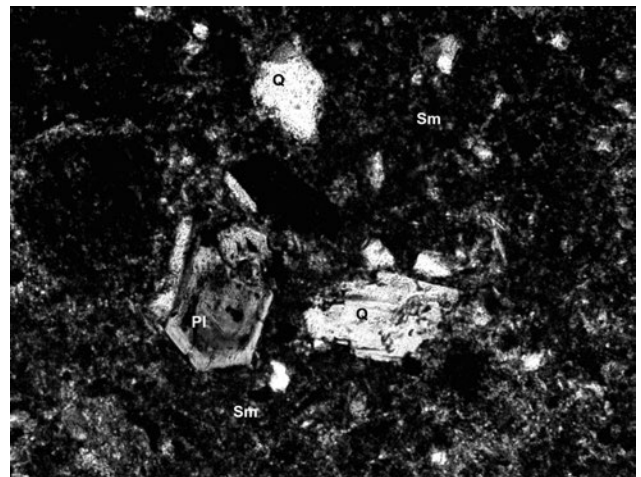
Vizsgálati eredmények

A Garancs-hegy DK-i lejtőjén — csak felszíni vízmosságokban — feltároló bentonitos rétegek kis területen jelennek meg. A fedő talajtakaró eltávolítása után begyűj-

tött minták zöldesszürke színűek, tömörek, bennük maximálisan 1 mm-es halványszürke alakatlan kvarc- és színtelen földpátkristályok és muszkovitlemezek figyelhetők meg.

A vékonycsiszolatos vizsgálatok szerint a kőzet anyaga 0,1–0,2 mm nagyságú, szegletes kvarc-, plagioklász- és káli-földpát-szemcsékből, szórványos piroxén (augit) és vékony muszkovitlemezekből áll agyagásványosodott alapanyagban (4. ábra). A kőzet erősen bontott vulkáni tufa, kevés terrigén anyaggal.

A feltárásokban található bentonitos kőzetek közül részletes elemzéseket a nagy agyagásvány-tartalmú mintákon végeztünk. A röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok szerint a minták uralkodó komponense a szmektit (47–49 m/m%), nagyobb mennyiségben a 10 Å-os fázis (illit és/vagy musz-

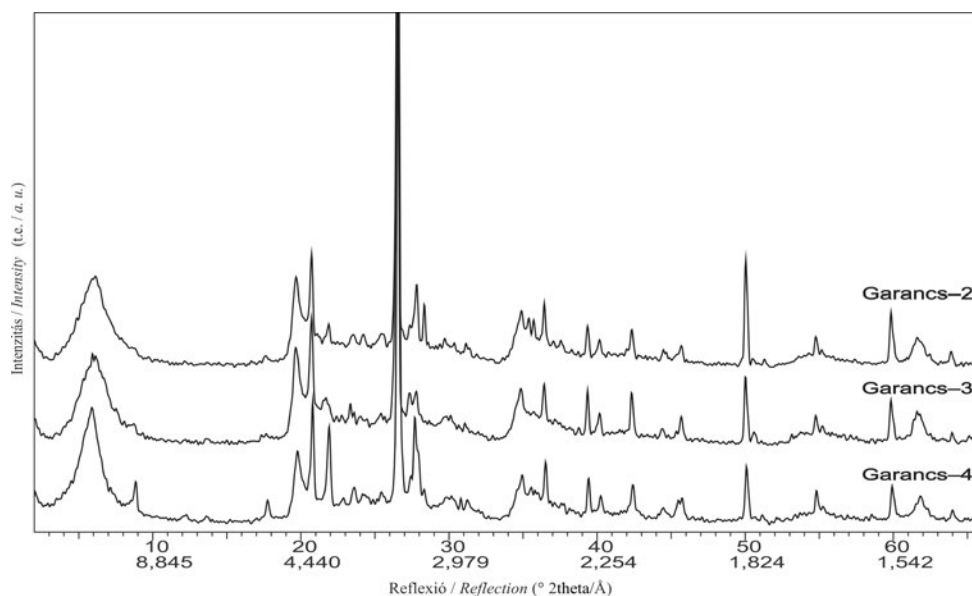


4. ábra. A Garancs-hegyi (Garancs-4.) bentonit vékonycsiszolati képe. +N, Képszélesség 2 mm

Pl: plagioklász, Q: kvarc, Sm: szmektites alapanyag

Figure 4. Thin section of the bentonite (sample Garancs-4) from Garancs Hill. +N, Width of the picture 2 mm

Pl: plagioclase, Q: quartz, Sm: smectitic matrix



5. ábra. A vizsgált minták röntgen-pordiffraktogramjai; t.e.: tetszőleges egységek

Figure 5. X-ray powder diffraction patterns of the observed samples; a.u.: arbitrary units

kovit, félértékszélesség alapján — 9–14 m/m%), kvarc (20–28 m/m%) és földpátok (7–15 m/m%) jelennek meg. A cristobalit?, goethit és amorf fázis mennyisége alárendelt. Kaolinitet csupán egy mintában azonosítottunk nyomokban (5. ábra és I. és II. táblázatokat).

I. táblázat. A Garancs-hegy bentonit mintáinak ásványos összetétele (m/m%), a röntgendiffrakciós és termoanalitikai vizsgálatok alapján. Zárójelben a termoanalitikai vizsgálat által meghatározott összetétel szerepel

Table I. Mineralogical composition of bentonite samples from Garancs Hill (wt%) based on X-ray powder diffraction and thermoanalytical measurements. Mineralogical composition determined by thermal analyses is in the brackets

Minta	szmektit	illit (Hb=0,72-0,77 °2 θ)	muszkovit (Hb=0,25 °2 θ)	kaolinit	cristobalit ?	kvarc	kálitföldpát	plagioklász	goethit	amorf
Garancs-2.	49	9			2	28	2	6		4
Garancs-3.	49 (49)	11 (11)			3	21	2	7	2 (2)	5
Garancs-4.	47 (46)		14 (13)	ny		20	2	13		4

A II. táblázatban a NEMECZ Ernő által közölt és értelmezett röntgenfelvétel (VARJÚ 1954), valamint az általunk mért minták diffrakciós vonalainak d -értékeit hasonlítjuk össze. A közölt adatok hasonlóságot mutatnak a kaolinit-1M d kártyaadataival, feltűnő azonban, hogy a felvételen nem jelent meg a kaolinit 7 Å-ös legnagyobb intenzitású bázisreflexiója (001).

A teljes mintákon végzett vizsgálatok adatai is jól alátámasztják azt a tényt, hogy a minták nagy szmektit-tartalmúak. Kaolinit egyáltalán nincs bennük egy minta kivételével, amelyben nyomnyi mennyiségben határoztuk meg. A szmektit (001) reflexiójának d -értékei: 14,14–14,85 Å, a (001) bázisreflexió félérték-szélessége: Hb: 1,42–2,03 °2 θ közötti. A (060) reflexió d -értékei 1,498–1,501 Å közöttiek, mely alapján a szmektit dioctaéderez.

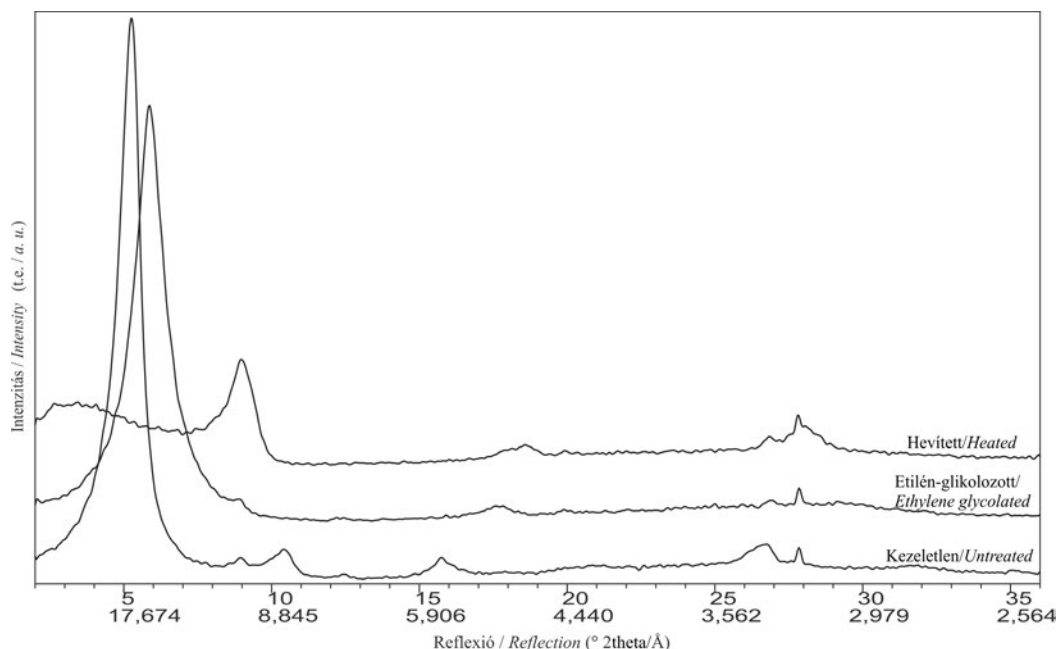
A >2 mikrométeres szemcseméretű frakcióból készült orientált felvételeken a szmektit bázisreflexiója a következő értékek között változik: *kezeletlen* — 14,92–15,00 Å; *etilén-glikolos* — 16,83–16,93 Å; *hevített* — 9,90–9,97 Å (6. ábra).

Termoanalitikai, infravörös spektroszkópiás, szedimentológiai és kémiai vizsgálatok a Garancs-3. és -4. mintákról készültek az ásványösszetétele hasonlóságuk miatt.

II. táblázat. A vizsgált teljes minták röntgen-pordiffrakciós adatai

Table II. X-ray powder diffraction data of the investigated samples

NEMECZ E. adatai (VARJÚ 1954)		Saját felvétel					
		Garancs-2.		Garancs-3.		Garancs-4.	
d (Å)	ásványok	d (Å)	ásványok	d (Å)	ásványok	d (Å)	ásványok
		14,14	szmektit	14,28	szmektit	14,86	szmektit
		9,93	csillám	9,93	csillám	9,87	csillám
						7,17	kaolinit (?)
				4,98	szmektit	4,96	szmektit
4,39	kaolinit, kvarc	4,48	szmektit	4,47	szmektit	4,47	szmektit
		4,25	kvarc	4,25	szmektit	4,25	kvarc
		4,02	plagioklász	4,07	plagioklász	4,03	plagioklász
		3,76	szmektit	3,79	szmektit	3,75	szmektit
3,60	kaolinit						
		3,48	szmektit	3,48	szmektit	3,50	szmektit
3,33	kvarc	3,34	kvarc	3,34	kvarc	3,34	kvarc
				3,24	plagioklász	3,21	plagioklász
2,56	kaolinit, montmorillonit	2,56	szmektit	2,56	szmektit	2,56	szmektit
		2,46	kvarc	2,45	kvarc	2,45	kvarc
2,27	kaolinit						
		2,28	kvarc	2,28	kvarc	2,28	kvarc
		2,24	kvarc	2,23	kvarc	2,23	kvarc
2,12	kvarc	2,13	kvarc	2,13	kvarc	2,13	kvarc
1,81	kvarc	1,82	kvarc	1,82	kvarc	1,82	kvarc
1,67	kvarc, kaolinit	1,67	kvarc	1,67	kvarc	1,67	kvarc
1,53	kvarc	1,54	kvarc	1,54	kvarc	1,54	kvarc
1,49	kaolinit	1,50	szmektit	1,49	szmektit	1,49	szmektit



6. ábra. A 2 mikrométer alatti frakció röntgendiffrakciós felvételei; t.e.: tetszőleges egységek

Figure 6. X-ray diffraction patterns of the fraction under 2 micrometer; a.u.: arbitrary units

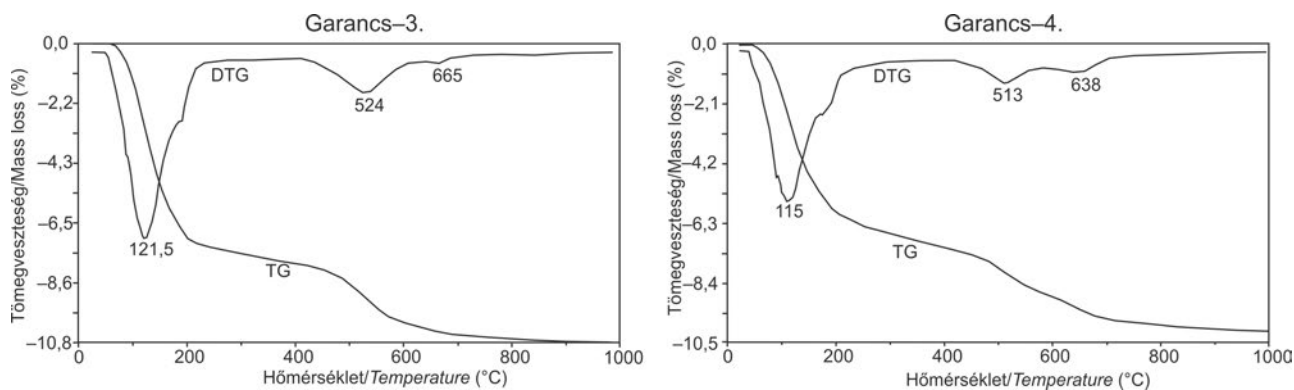
A termoanalitikai elemzések alapján megállapítható, hogy a rétegek közötti tér Ca^{2+} -ot tartalmaz (a 4. sz. minta részben, Na^+ -ot is), melyet két dehidroxilációs csúcs jellemez (7. ábra). A nagyobb mértékű, alacsonyabb hőmérsékletű endoterm reakció csúcshőmérséklete 513 és 524 °C-nál van, ami transzvakanációs oktaéderes pozíció (mállás) vagy vas beépülését jelezheti. A kisebb tömegvesztéssel járó, de magasabb hőmérsékletű endoterm reakció (ciszvakanációs oktaéderes pozíció) hőmérséklete 638, ill. 665 °C.

Az infravörös sávok értelmezését a III. táblázatban mutatjuk be, míg példaként a Garancs-4. minta ATR FTIR spektrumát a 8. ábrán szemléltetjük. A vizsgálatok alapján a minták uralkodó ásványa a szmektit. A szmektitben vas beépülését jelezheti a 878 cm^{-1} -nél jelentkező deformációs rezgés (BISHOP et al. 2002, GATES 2005). A Garancs-4. mintában nagyon kevés kaolinit jelenik meg, melyet a

röntgendiffrakciós vizsgálat is igazolt. Ezen kívül nyomnyi mennyiségben karbonátot is tartalmaz a Garancs-3. és -4. minta.

A bentonitok kémiai vizsgálati eredményeit a IV. táblázatban mutatjuk be. A minták kémiai összetétele nagyon hasonló, amely a telep vizsgált felső részének homogenitását mutatja. Az izzítási veszteség 10,69–12,31 s% között változik, amely az agyagásványosodást támasztja alá. A SiO_2 – Na_2O + K_2O eloszlása alapján (9. ábra) a vizsgált minták dácitos jelleget mutatnak a nagyfokú agyagásványosodás következtében.

A szemcse-összetételei vizsgálatok szerint a minták homokfrakciója kicsi (8,8, ill. 14,0 s%). A bentonitokban a 0,06 mm alatti frakció (agyag+kőzetliszt) uralkodik (91,0, ill. 85,9 s%), ezen belül a Garancs-3. számú minta agyagosabb, míg a Garancs-4. számú kőzetlisztesebb (10. ábra).



7. ábra. A Garancs-3. és -4 minták derivatogramjai

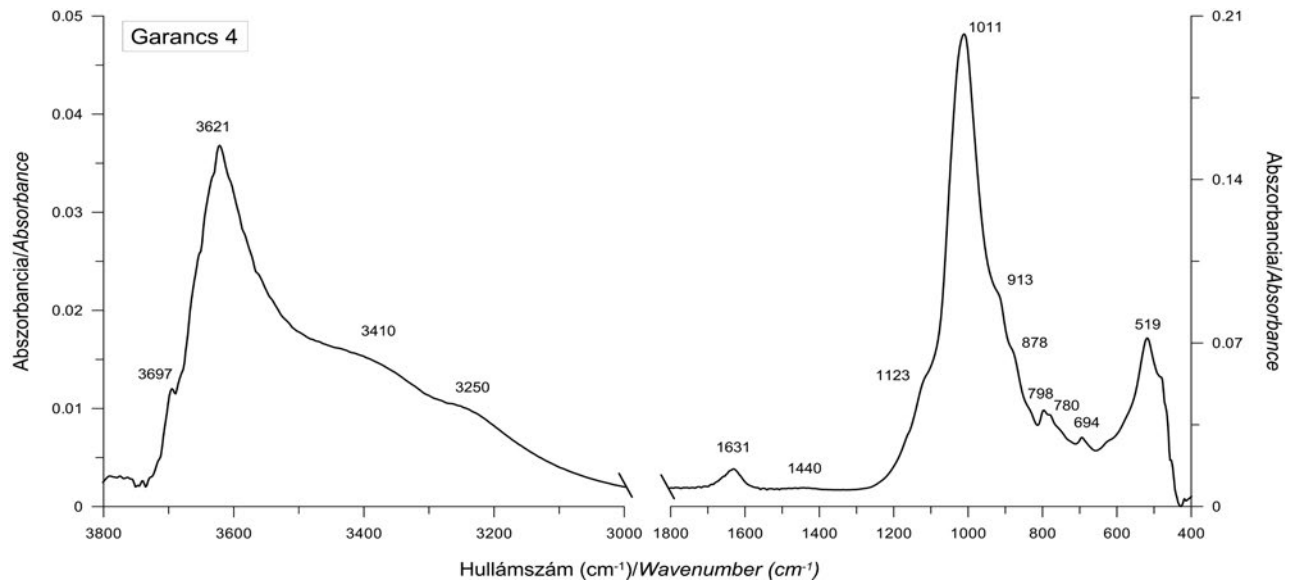
Figure 7. Thermoanalytical curves of the samples Garancs-3 and -4

III. táblázat. A vizsgált minták főbb ATR FTIR sávjai és értelmezésük (cm^{-1}) CARLSON (2004) alapján

Table III. Main ATR FTIR bands (cm^{-1}) and their assignment in the investigated samples, after CARLSON (2004)

Hullámszám (cm^{-1}) Wavenumber	Intenzitás/ Intensity	Sávok értelmezése/ Assignment	Ásványok/ Minerals
3697		νOH , belső felületi/Inner surface	kaolinit
3621		νOH , szerkezeti/structural	muszkovit, illit, szmektit, kaolinit
3410		νOH , molekuláris víz/molecular water	szmektit
3250		$2\delta\text{OH}$, molekuláris víz	
1631		δOH , molekuláris víz	
1440		νCO_3^{2-}	karbonátok
1123		$\nu\text{Si-O}$	kvarc
1011		$\nu\text{Si-O}$	muszkovit, illit, szmektit, kaolinit
913		$\delta\text{Al-Al-OH}$	
878		$\delta\text{Al-Fe-OH}$	szmektit
798		$\nu\text{Si-O}$	kvarc, szmektit
780		$\nu\text{Si-O}$	kvarc
694		$\nu\text{Si-O}$	kvarc, kaolinit
519		$\delta\text{Al-O-Si}$	szmektit, illit, muszkovit

	erős - strong
	gyenge/váll - weak/shoulder
	nagyon gyenge - very weak
ν	vegyértékrezgés - stretching
δ	deformációs rezgés - bending



8. ábra. A Garancs-4. minta infravörös spektruma

Figure 8. Infrared spectrum of the sample Garancs-4

IV. táblázat. A bentonitminták kémiai összetétele (s%)

Table IV. Chemical composition of the bentonite samples (wt%)

Minta	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	H_2O	H_2O^*	CO_2	BaO	SrO	Σ
Garancs-3.	61,80	0,68	13,60	5,58	0,31	0,02	1,22	2,36	0,55	1,47	6,69	5,55	0,07	0,03	0,01	99,94
Garancs-4.	61,30	0,61	15,60	4,48	0,29	0,03	1,74	2,20	1,03	1,84	5,11	5,51	0,07	0,04	0,01	99,86

Hasznos tulajdonságok

Az általunk begyűjtött és megvizsgált bentonitminták fontosabb jellemzői a következők:

— Kationcserélő-képességük gyengén Ca^{2+} -jellegű: Na^+ (0,0295–0,0330), K^+ (0,0185–0,239), Ca^{2+} (0,2367–0,2518), Mg^{2+} (0,0986–0,1365) [cmol/kg].

— Duzzadókéességük 2,0–2,5 (természetes állapotban) és 5,0–15,0 (aktivált állapotban, 5% Na_2CO_3) [ml/2g].

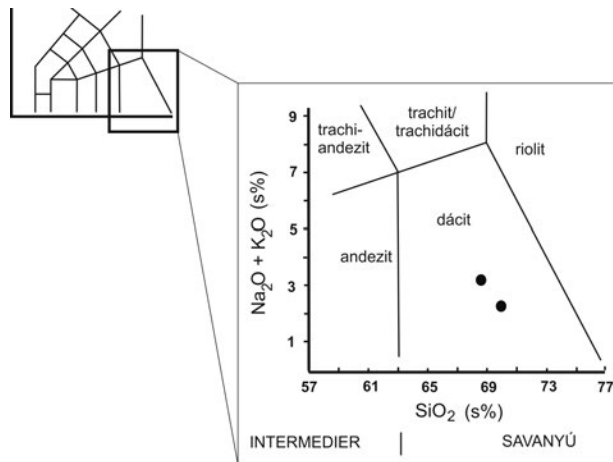
Gazdasági jelentőség

A tanulmányban bemutatott bentonit-előfordulást a következőképpen jellemezhetjük:

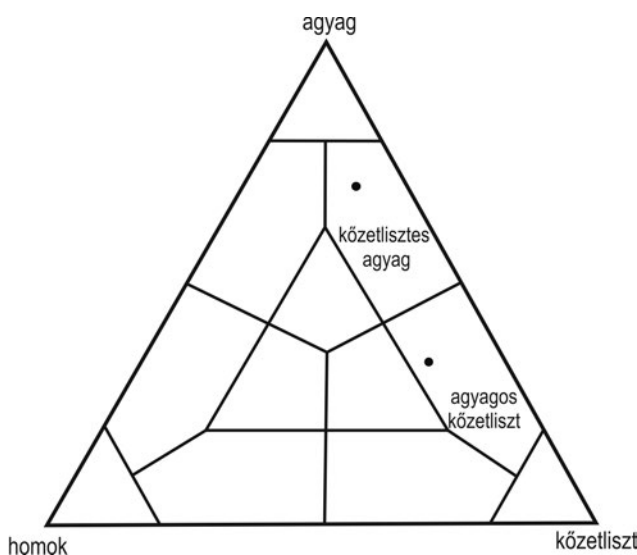
A Garancs-hegy (Pilisvörösvár) D–DK-i lejtőjén található bentonit-előfordulás potenciálisan fontos lehet gazdaságilag: vastagsága felszíni méréseink alapján minimum 3 m (a régebben megkutatott szelvény felső része), szmektit-tartalma magas (46–49 m/m%). A nyersanyag felszínén vagy a felszín közelében vékony talajtakaró alatt található, beépített területektől távol.

A lelőhely kiterjedésének és vastagságának meghatározása céljából részletes földtani kutatásokra van szükség.

Ipari alkalmazhatósága természetesen a technológiai tulajdonságaitól függ. Biztatóak az ásványtani vizsgálatok eredményei (szmektit-tartalom), valamint a duzzadókéesség vizsgálatok is.



9. ábra. A vizsgált bentonitminták a SiO_2 - $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ diagramban
 Figure 9. The investigated bentonite samples in the SiO_2 vs. $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ diagram



10. ábra. A Garancs-3. és -4. minta szemcseméret-eloszlása
 Figure 10. Grain size distributions of the samples Garancs-3 and -4

Összefoglalás

A Pilisvörösvártól ÉK-re található Garancs-hegy DK-i oldalán kibukkanó nyersanyagot a múlt század első felében bentonitként írták le. A NEMECZ Ernő által készített röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok szerint a minták kaolinitet tartalmaznak. Ennek tisztázása érdekében került sor a nyers-

anyag újra vizsgálatára, mely során négy darab felszíni mintát elemeztünk meg röntgen-pordiffrakciós, termoanalitikai, infravörös spektroszkópos, kémiai és szedimentológiai módszerekkel.

A röntgen-pordiffrakciós vizsgálat szerint szmektitartalma 46 és 49 m/m% között változik. A Garancs-4. mintában megjelenő muszkovit behordódásra utal.

A termoanalitikai vizsgálatok alapján a minta Ca-montmorillonit, melynek oktaéderes rétegében — az endoterm reakció alacsonyabb hőmérséklete alapján — vas is jelen lehet.

A kémiai elemzések a minták homogenitását mutatják, ezen kívül alátámasztják a termoanalitikai vizsgálatok által jelzett vas beépülést is. Ezt az infravörös spektrometriai vizsgálatok is megerősítik. A 10–12 s% közötti izzítási veszteség agyagásványosodást jelez.

A korábban uralkodóan kaolinittartalmának határozott mintához hasonló a területen nem találtunk. A röntgen-pordiffrakciós, termoanalitikai, infravörös és kémiai vizsgálatok alátámasztják a nyersanyag bentonit vagy bentonitos jellegét.

Nagy valószínűséggel a korábbi vizsgálatok más lelőhelyről származó mintán készültek Pilisvörösvár vagy Garancs-hegy megjelöléssel, mely minta kaolinnak bizonyult.

A megismert szelvény felső részének mintáin készült vizsgálataink a régebbi eredményeket nem támasztották alá. A jelen tanulmányban szereplő minták nagy szmektitartalommal és közepes duzzadásképeséggel rendelkező bentonitosodott kőzetek, melyek feltehetően a badeni korú andezittufa átalakulásával képződtek.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk dr. PAPP Jánosnak (MTA-TTK Anyag- és Környezetkémiai Intézet) a mintákon elvégzett kationcserélő- és duzzadásképeség valamint dr. KALMÁR Jánosnak a vékonycsiszolatos vizsgálatokért.

Ezúton köszönjük dr. RAUCSIK Bélának és dr. NÉMETH Tibornak az alapos és körültekintő bírálói véleményét.

A kézirat és a publikált dokumentációk tanulmányozásának elősegítéséért köszönet illeti a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet könyvtárának és adattárának dolgozóit.

A dolgozatban elvégzett anyagvizsgálatok az MFGI 2014. évi 8.2-es és 9.2-es állami témák keretében került sor.

Irodalom — References

- BISHOP J., MADEJOVA J., KOMADEL P. & FROSCHL H. 2002: The influence of structural Fe, Al and Mg on the infrared OH bands in spectra of dioctahedral smectites. — *Clay Minerals* **37**, 607–616.
- CARLSON, L. 2004: *Bentonite mineralogy. Part 1. Methods of investigation — a literature review & Part 2. Mineralogical research of selected bentonites.* — Posiva Oy, Olkiluoto. Working Report, 108 p.
- FRITS J. 1949: Adatok a magyar bentonitkérdéshez a Komlóskai (Tokaj-Hegyalja) előfordulással kapcsolatban. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, 20 p. (Bn. 34)
- FRITS J. 1951: Bentonit-fullerföld előfordulások készletei 1950. évi adatok alapján. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 6 p. (T: 4579)

- GATES, W. P. 2005: Infrared spectroscopy and the chemistry of dioctahedral smectites. — In: KLOPPROGGE J. T. (ed.): *The Application of Vibrational Spectroscopy to Clay Minerals and Layered Double Hydroxides*, Clay Minerals Soc., Aurora, CO, pp. 125–168.
- GYALOG L. (szerk.) 2005: Magyarázó Magyarország fedett földtani térképéhez. — Magyar Állami Földtani Intézet Térképmagyarázói, 188 p.
- GYALOG L. 2013: Magyarország földtani térképe, 1:500 000. — A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet kiadványa.
- GYALOG L. & SIKHEGYI F. 2005: Magyarország földtani térképe, M=1:100 000. — CD. A Magyar Földtani Intézet Kiadványa, 88 szelvény.
- HORUSITZKY F. 1950: Jelentés Magyarország bentonit készletéről. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 13 p. (Bn. 41)
- KÁDÁR L.-NÉ 1982: Új bentonitfélések kutatása, II. — *Kézirat*, Kutatási jelentés, Központi Bányászati Fejlesztési Intézet, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, 93 p. (T:12979)
- KLUG, H. P. & ALEXANDER, L. E. 1954: *X-ray diffraction procedures for polycrystalline and amorphous materials*. — Wiley, New York, 716 p.
- REICH L. 1951: Jelentés a mészkő-, bentonit-, ásványi festékanyag-, cement-, márga- és vízkészlet nyilvántartási táblázat-minták összeállításáról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 4 p. (Ált. 19/a)
- SCHAFARZIK F., VENDL A. & PAPP F. 1964: *Geológiai kirándulások Budapest környékén*. — Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 296 p.
- SOLTI G. 1983: A kemenesháti bentonit prognózis javaslat (prognózis). — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 184 p. (T:12332)
- SZALAI T. 1949: Hazai fullerföld-bentonit előfordulások. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 3 p. (Bn. 36)
- VADÁSZ E. 1960: *Magyarország földtana*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 646 p.
- VARJÚ GY. 1953: A magyar bentonit jelenlegi helyzete. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 14 p. (Bn. 53)
- VARJÚ GY. 1954: Pilisvörösvári bentonitterület tájékoztató kutatásának összefoglaló jelentése. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 9 p. (Bn. 55)
- VARJÚ GY. 1955: Pilisvörösvári bentonitterület tájékoztató kutatásának összefoglaló jelentése. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 10 p. (Bn. 59)
- VARJÚ GY. 1964–1966: Magyarország bentonit előfordulásainak katasztere és távlati kutatási terve. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 102 p. (T:1820)
- ZELENKA T. 1960: Kőzettani és földtani vizsgálatok a Dunazug-hegység DNy-i részén. — *Földtani Közlöny* **90/1**, 83–102.
- Kézirat beérkezett: 2015. 12. 08.

